

補助事業番号 2022M-199

補助事業名 2022年度 成形面への通気性付与による高付加価値射出成形金型の実現
補助事業

補助事業者名 東京農工大学 大学院 工学研究院 機械システム工学専攻 夏恒

1 研究の概要

本事業は、射出成形金型の成形面への通気性を付与することにより、高付加価値金型を実現し、日本製造業の競争力を高めることを狙う。

本事業では、カップ状成形品を対象とした高品位なプラスチック成形品を得るため、成形面の圧力や離型抵抗の解析結果に基づき、通気性多孔質材料を埋め込み、成形面の圧力や摩擦の低減と真空負圧の解消を実現し、ゼロ勾配でも離型できる金型構造を提案する。目的を達しするため、以下の項目を実施する。①提案金型の効果検証、また金型最適構造の確立のため、離型抵抗の測定システムを改良し、エジェクタロッドと力センサの衝突・接触状況を観察する装置を新たに構築する。②数値解析により、材料物性値の温度依存性を考慮し、通気性材料の設置個所や個数の最適化を行う。③通気性構造を有する金型の離型抵抗低減に関する評価法を確立する。④コアに通気性材料を埋め込んだ後、非接触加工法で、電気化学的溶解作用を利用する電解加工によって、通気性金属材料を加工する。コア材料と通気性材料の同時加工に電解加工を利用して、電解液種類、電解液流量や電流密度等の影響を明らかにし、高精度の形状加工法を確立する。

2 研究の目的と背景

射出成形は、溶かした熱可塑性樹脂を金型に流し込み、保圧・冷却することで成形した後、金型から離型させることによって、プラスチック成形品を得る代表的な成形法である。射出成形金型は、凸部(コアまたは雄型と呼ぶ)と凹部(キャビディまたは雌型と呼ぶ)に分割される。樹脂は冷却に伴って収縮し、成形品はわずかながらもキャビディから離れ、コアにしっかり張り付いてしまう。金型が完全に開いた後に、コア側にある成形品を突き出すピンまたはプレートによりコアから取り出される。最終工程である離型において、成形品と金型成形面の密着により発生する離型抵抗が、成形品のへこみや反り、突き破り、型残りなどの成形不良、さらに金型の破損を引き起こす。成形品を傷や変形などを伴わないでコアから容易に取り出すために、コアの成形面に抜き勾配をつけることが重要である。抜き勾配がない場合、離型摩擦が大きく、コアの摩耗が早く進んでしまう。また、底面があるカップ状成形品の場合、成形品とコアの接触面は、完全に密着していて真空状態になっているため、離型の際、負圧となって、成形品がコアから一層離れにくい。

本事業では、カップ状成形品を対象とし、成形面の圧力や離型抵抗の解析結果に基づき、成形面の圧力や摩擦の低減と真空負圧の解消を実現し、高品位なプラスチック成形品を得る金型構造を提案する。また、提案金型の実現に不可欠な通気性材料の通気性を失わない加工技術を確立することを目的とする。

3 研究内容

(1) 離型抵抗測定システムの構築

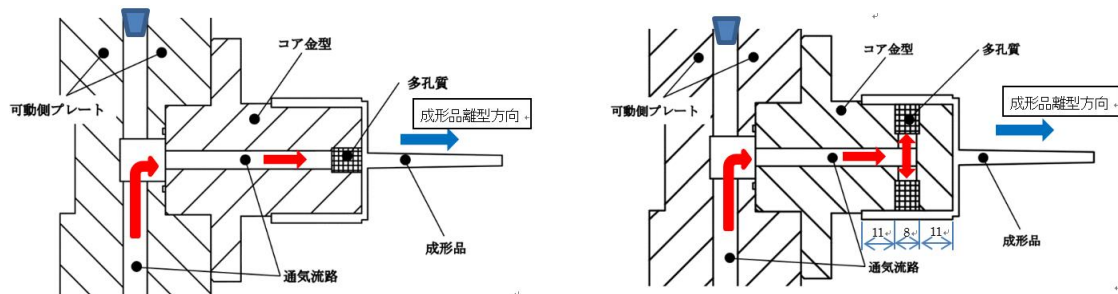
提案金型の効果検証、また金型最適構造の確立のため、離型抵抗の測定システム、エジェクタロッドとカセンサの衝突・接触状況の観察システムを構築した。

(2) 通気性材料の加工法の確立と評価

通気性材料の通気性を維持・回復するため、電気化学的溶解作用を利用する電解加工によって、通気性金属材料を加工する方法を提案し、効果を確認した。また、電解液流れが加工精度に及ぼす影響を調べ、平坦な成形面を実現する方法を見つけた。

(3) 通気性金型の設計・製作と評価

通気性材料の設置個所の影響を調査し、導入した有限要素法ソフトCOMSOLを用いて、成形材料の物性値が離型抵抗に及ぼす影響を明らかにした。射出成形を行い、離型抵抗の低減効果を評価した。



(a) 端面通気性金型

(b) 側面通気性金型

図1 通気性金型の構造

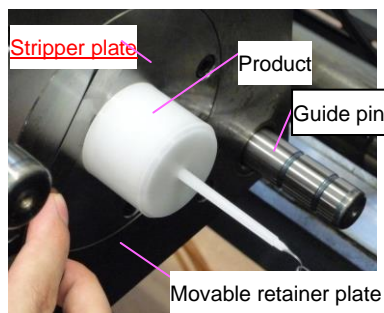


図2 金型と成形品の写真



図3 実験装置の構成

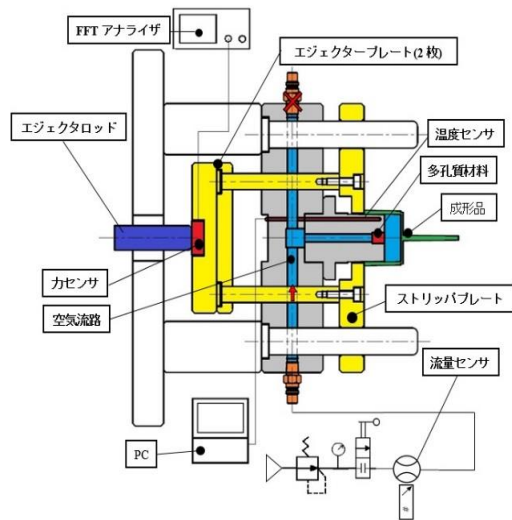


図4 離型抵抗の低減効果検証用装置の概要

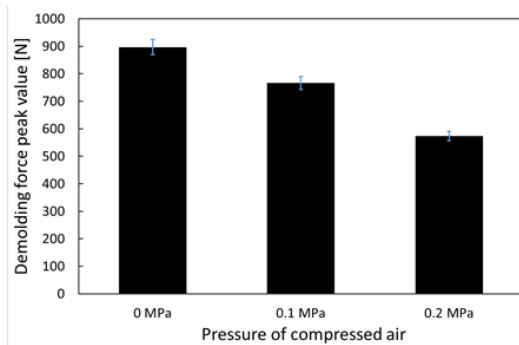


図4 通気性金型による離型抵抗の低減効果

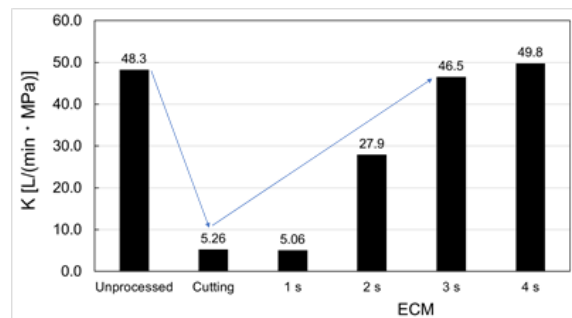


図5 電解加工による通気性の回復効果

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本事業では、通気性金型の有効性を検証し、通気性材料の設置位置や寸法等の影響を調べ、通気性金型の設計指針を得ている。また、通気性を失わない成形面の加工法を開発し、実験により効果を検証した。今後は、特に性能上あるいはデザイン上の観点で、抜き勾配の設定が困難な成形品を成形する金型に応用することにより、ゼロ勾配を持つ金型の実現が予想される。また、本事業で行った離型抵抗を予測するシミュレーション技術を用いて、成形条件の選定や金型の最適構造の設計に用い、成形サイクルの短縮と成形品質の向上生産性の向上が予想される。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

実施責任者の夏 恒は、放電加工における電極消耗の影響要因の解明との研究で、博士(工学)号を取得した後、精密機器メーカーに7年間、製品と加工技術の研究・開発に携わり、2002年4月から東京農工大学にて、放電加工や電解加工の研究活動に取り組んでいる。

長年の研究活動より、射出成形金型の問題点に注目し、コア金型に通気性を持たせることによって離型抵抗を低減し、また、電解加工による通気性の維持と回復を提案している。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

特許等の知的財産権を取得していないが、国内外の学術会議にて下記の研究発表を行った。

- ① Kazuyoshi Oota, Kyohei Nakamura, Koharu Horikawa and Wataru Natsu: Study on the Influence of Ventilation Position and Cutting Conditions on Breathable Molds, Proceedings of the World Congress on Micro and Nano Manufacturing, pp. 71-74, 2022.
- ② Koharu Horikawa, Shuhei Kodama, Wataru Natsu, Kazuyoshi Oota: Effect of permeable mold and recovery of air-permeability of porous insert by electrochemical machining, Proceedings of 18th International Symposium on Electrochemical Machining Technology 2022 (INSECT 2022), pp. 23-29, 2022.
- ③ 加藤慎二郎、太田和良、夏恒：数値解析による通気性金型の離型抵抗低減効果の検証、Multiphysics Conference 2022, December 2022.
- ④ Wataru Natsu: Application of electrochemical machining on fabrication of breathable mold, Invited lecture in Department of Mold and Die Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology, March 28, 2023.
- ⑤ 堀川古暖、小玉脩平、夏恒、太田和良：切削加工と電解加工が多孔質金属材料の加工面特性に及ぼす影響、電気加工学会全国大会（2022）講演論文集、pp. 74-77, 2022.
- ⑥ 加藤慎二郎、米大海、小玉脩平、夏恒：カップ形状製品のプラスチック成形における温度および離型力の数値解析、第30回精密工学会学生会員卒業研究発表講演論文集、pp. 93-94, 2023.
- ⑦ 太田和良、中村恭平、相星侑哉、夏恒：射出成形品の金型への抱き着き応力解析による離型力予測技術の検証、2023年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集、pp. 345-346, 2023.
- ⑧ 夏恒、太田和良、堀川古暖：通気性射出成形金型の効果検証と多孔質金属の電解加工について、電気加工技術, Vol. 47, No. 145, pp. 9-16, 2023.
- ⑨ Wataru Natsu, Kazuyoshi Oota: Machining Technology and Effect Evaluation of Porous Inserts for Breathable Injection Mold, 8th Symposium for International Cooperation on Micro and Precision Electrical Machining (SICMPM), Shenzhen, China, June 2023.
- ⑩ Wataru Natsu, Kazuyoshi Oota, and Koharu Horikawa: Maintenance of

Air-permeability of Porous Metal in Shape Processing with Electrochemical Machining, Annual World Congress of Smart Materials-2023, Barcelona, Spain, July 2023.



図6 国際会議 (INSECT 2022) にて成果発表

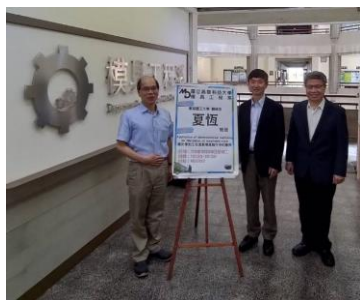


図7 台湾高雄科技大学にて成果発表

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

成果の公表をしているURL: <http://web.tuat.ac.jp/~natsulab/grants.html>

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの

なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 東京農工大学(トウキョウノウコウダイガク)

住 所: 〒184-8588

東京都小金井市中町2-24-16

担 当 者: 教授 夏 恒 (ナツ ワタル)

担 当 部 署: 大学院工学研究院 (ダイガクイン コウガクケンキュウイン)

E - m a i l: summer@go.tuat.ac.jp

U R L: <http://web.tuat.ac.jp/~natsulab/index.html>